

Evolution de la végétation et du climat de l'extrémité orientale des Pyrénées pendant le Tardiglaciaire et le Post glaciaire

Guy Jalut

Citer ce document / Cite this document :

Jalut Guy. Evolution de la végétation et du climat de l'extrémité orientale des Pyrénées pendant le Tardiglaciaire et le Post glaciaire. In: Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire, vol. 10, n°2, 1973. pp. 55-68;

doi : <https://doi.org/10.3406/quate.1973.1218>

https://www.persee.fr/doc/quate_0004-5500_1973_num_10_2_1218

Fichier pdf généré le 19/04/2018

Abstract

The palynological studies realized in Aude, Tet and Tech river basin at the eastern part of pyrenean chain, prove the existence of glacial refuges as well as cornering of vegetation zones during late glacial times, specially in the middle Aude river-basin. Preboreal and Boreal, in eastern part of the pyrenean chain are corresponding to a period of simultaneous increase of temperature and humidity. During Atlantic and the two first parts of Subboreal period occur a decrease of temperature and an increase of nebulosity. Fagus, developed in Donezan from the beginning of Atlantic period, appears everywhere during the Subboreal period but spread strongly in Aude river-basin only about 1700 B.C.

Résumé

Les études palynologiques effectuées dans les bassins de l'Aude, de la Têt et du Tech, à l'extrémité orientale des Pyrénées, prouvent l'existence de refuges glaciaires ainsi que le télescopage des zones de végétation, dans le bassin moyen de l'Aude, à la fin du Würm. Dans la partie orientale des Pyrénées, pendant le Préboréal et le Boréal se produit un accroissement simultané de la température et de l'humidité. Au cours de l'Atlantique et durant les deux premiers tiers du Subboréal la température s'abaisse lentement et la nébulosité augmente. Le Hêtre, développé dès l'Atlantique dans le Donezan, ne se développe partout ailleurs qu'au début du Subboréal. Il ne s'étend de façon très importante dans le bassin de l'Aude que vers 1700 B.C.

EVOLUTION DE LA VEGETATION ET DU CLIMAT DE L'EXTREMITE ORIENTALE DES PYRENEES PENDANT LE TARDIGLACIAIRE ET LE POSTGLACIAIRE

PAR

G. JALUT *

Sommaire. — Les études palynologiques effectuées dans les bassins de l'Aude, de la Têt et du Tech, à l'extrémité orientale des Pyrénées, prouvent l'existence de refuges glaciaires ainsi que le télescopage des zones de végétation, dans le bassin moyen de l'Aude, à la fin du Würm. Dans la partie orientale des Pyrénées, pendant le Préboréal et le Boréal se produit un accroissement simultané de la température et de l'humidité. Au cours de l'Atlantique et durant les deux premiers tiers du Subboréal la température s'abaisse lentement et la nébulosité augmente. Le Hêtre, développé dès l'Atlantique dans le Donezan, ne se développe partout ailleurs qu'au début du Subboréal. Il ne s'étend de façon très importante dans le bassin de l'Aude que vers 1700 B.C.

Summary. — The palynological studies realized in Aude, Tet and Tech river basin at the eastern part of pyrenean chain, prove the existence of glacial refuges as well as cornering of vegetation zones during late glacial times, specially in the middle Aude river-basin. Preboreal and Boreal, in eastern part of the pyrenean chain are corresponding to a period of simultaneous increase of temperature and humidity. During Atlantic and the two first parts of Subboreal period occur a decrease of temperature and an increase of nebulosity. Fagus, developed in Donezan from the begining of Atlantic period, appears everywhere during the Subboreal period but spread strongly in Aude river-basin only about 1700 B.C.

I. — INTRODUCTION

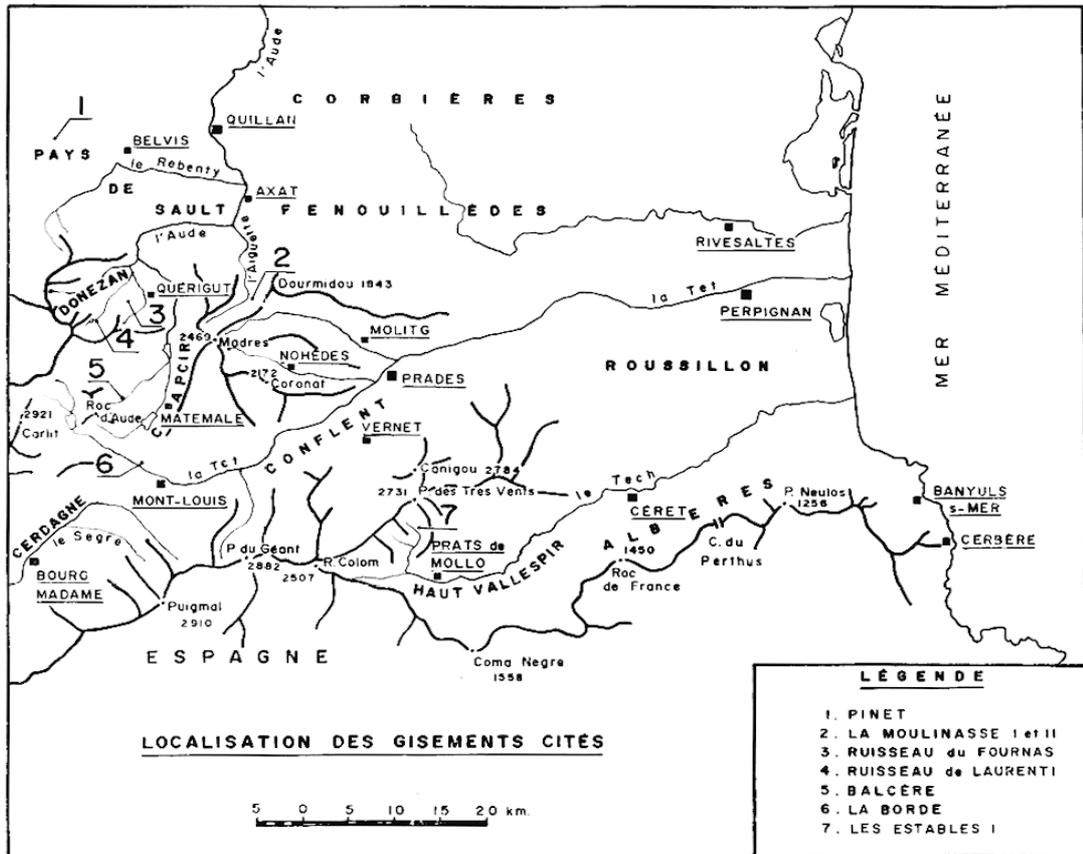
Les analyses polliniques entreprises depuis plusieurs années dans l'extrémité orientale des Pyrénées (M. VAN CAMPO et G. JALUT, 1969 ; G. JALUT, 1970, 1971, 1972) ont permis de mettre en évidence certains des traits caractéristiques de l'évolution paléosylvatique et paléoclimatique de cette partie de la chaîne pendant le Tardiglaciaire et le Postglaciaire. Les études récentes effectuées dans le bassin de l'Aude et étayées par de nombreuses datations absolues précisent, et dans certains cas apportent des modifications de détails aux résultats publiés jusqu'à présent. Elles rendent désormais possible, pour l'ensemble du domaine géographique considéré, la description des principales étapes de l'histoire de son climat et de sa végétation de la fin du Pléistocène supérieur à nos jours.

II. — LOCALISATION DES GISEMENTS ETUDIES

Le choix des gisements étudiés a été fait en tenant compte à la fois des caractéristiques climatiques des principaux compartiments de cette partie de la chaîne pyrénéenne, de la répartition actuelle de la végétation et des études effectuées par G. VIERS sur l'englacement quaternaire de l'extrémité orientale des Pyrénées. Ceci

* Laboratoire de botanique et biogéographie, Université Paul-Sabatier, 39, allées Jules-Guesde, 31077 Toulouse-Cedex et R.C.P. 323 du C.N.R.S.

nous a amené à effectuer de nombreux sondages parmi lesquels sept d'entre eux retiendront plus particulièrement notre attention (fig. 1).



a) LES GISEMENTS DU BASSIN DE L'AUDE

De tous les gisements étudiés, la tourbière du Pinet est celui dont l'altitude est la plus basse (880 m). Il est situé dans le Pays de Sault, sur le front nord-pyrénéen exposé aux perturbations atlantiques, dans une région à pluviométrie élevée favorable à l'extension, de nos jours, de la hêtraie-sapinière.

Au-dessus de la partie orientale du Pays de Sault, dans le versant nord du Madrès, se trouve, à 1 380 m d'altitude, la tourbière de la Moulinasse dans laquelle trois sondages ont été effectués et analysés. Elle est située dans le domaine de la hêtraie-sapinière, dans une région fortement arrosée à maximums ombriques de printemps et d'hiver.

Deux tourbières ont été étudiées dans le Donezan; l'une, la tourbière du ruisseau du Fournas, à 1 510 m d'altitude, dans la hêtraie-sapinière, à proximité immédiate d'importants peuplements de Pins à crochets dont l'origine sera discutée plus loin; l'autre, la tourbière du ruisseau de Laurenti, à 1 860 m d'altitude, en contrebas de l'étang de Laurenti, dans le domaine du Pin à crochets à 70 m au-dessus de la limite supérieure actuelle de la sapinière et à 750 m de distance de cette même limite. Le Donezan est caractérisé par une pluviométrie et une nébulosité élevées et par un régime ombrique intermédiaire entre celui

du Pays de Sault avec maximums de printemps et d'automne, et le régime continental de transition marqué par une pluviométrie estivale dominante, que l'on rencontre dans le Capcir.

Le lac de Balcère se situe dans le Capcir, à 1 764 m d'altitude, dans la forêt de Pins à crochets, à proximité d'une station isolée de Sapins. Compte tenu de son altitude, le bassin intramontagnard du Capcir montre, par rapport au Donezan, un net déficit pluviométrique qui résulte de la protection que lui assurent, à l'ouest le massif du Carlit, et à l'est celui du Madrès.

b) LES GISEMENTS DES VALLÉES DE LA TÊT ET DU TECH

La haute vallée du Tech ou haut Vallespir.

Le gisement des Estables I est situé à 1 750 m d'altitude, dans le haut Vallespir, sur le versant S du Canigou, dans une région fortement arrosée par suite de son exposition aux vents humides de secteur E et SE. Malgré des conditions climatiques favorables à l'extension d'une hêtraie-sapinière, seules subsistent quelques hêtraies rudimentaires, témoins d'une forêt jadis étendue.

La haute vallée de la Têt.

Cette haute vallée, protégée par la chaîne Puigmal-Canigou et par le massif du Carlit contre les vents de secteur SE et SW montre, par rapport à la haute vallée du Tech, une pluviométrie réduite. Mont-Louis, à 1 600 m d'altitude, est également beaucoup moins arrosé que le Capcir et le Donezan. Le gisement de la Borde est situé à 1 660 m d'altitude, à 3,5 kilomètres au NW de Mont-Louis, entre le vallum morainique de Mont-Louis et l'étang de la Bouillouse. Environné par la forêt de Pins à crochets, il ne se trouve qu'à 1 500 m au SW d'une station de Sapins située en exposition N sur la rive droite de la Têt, dans la forêt communale de Bolquère, et à 3,5 km au SW d'un faciès à Noisetier situé en exposition S et d'une formation à Sapins et Pins à crochets exposée au N entre le Pla des Avellans et l'étang de la Bouillouse.

III. — LES ETAPES DE L'ÉVOLUTION DE LA VÉGÉTATION ET DU CLIMAT

A. — LE BASSIN DE L'AUDE

1. — *Le Tardiglaciaire.*

Le climat et la végétation de cette période sont connus dans le bassin de l'Aude grâce à cinq sondages réalisés dans les trois gisements suivants : la tourbière de la Moulinasse (alt. 1 380 m) dans laquelle trois sondages ont été effectués, le lac de Balcère (alt. 1 764 m) et le gisement du ruisseau de Laurenti (alt. 1 860 m). Le plus ancien niveau daté (11650 B.C. Gif 1775, la Moulinasse) appartient au Dryas ancien supérieur.

- a) *Le Dryas ancien supérieur*, zone I¹. Datations obtenues par le C 14 : 11650 B.C. Gif 1775 (la Moulinasse I), 10190 B.C. Gif 2662 (la Moulinasse II).

Vers 12000 B.C., sous un climat froid et sec, exposée à des vents violents, une pelouse recouvre à 1 380 m d'altitude, et sans doute plus bas, les pentes environnant le gisement de la Moulinasse. Elle est composée de Graminées, d'Armoise et de Cypéracées, ainsi que, dans de plus faibles proportions, de Composées tubu-

1. La zonation de H. GODWIN a été employée.

liflores et liguliflores, de Chénopodiacées et de Renonculacées. *Ephedra* et *Cryptogramma crista* R. Br. sont également rencontrés ainsi que *Hippophae rhamnoides* L. disparu de nos jours du versant français des Pyrénées. La rareté des pollens de cet arbuste dans chacun des trois sondages de la Moulinasse laisse supposer qu'il était soit peu abondant, soit éloigné du gisement. Il est néanmoins rencontré de façon constante au Dryas ancien supérieur et ses pollens ne disparaissent qu'au Préboréal. Au niveau du gisement de la Moulinasse, la strate arbustive est extrêmement réduite et composée essentiellement de *Juniperus* et de *Salix*. La strate arborescente est nulle et l'on peut affirmer, compte tenu du pouvoir de dispersion élevé des pollens de Pin, que le Pin à crochets, dont la représentation moyenne est voisine de 4 %, est alors situé à une altitude nettement inférieure à 1300 m. Bien qu'aucune précision ne puisse être apportée concernant les limites altitudinales supérieures et inférieures du Pin à crochets à cette époque, on peut conclure de sa présence sur et au voisinage de la tourbière du Pinet du Préboréal à nos jours (fig. 2) que cette essence s'est étendue, à la fin du Würm dans le bassin de l'Aude, au moins jusqu'à 880 m d'altitude.

A côté de ces rares pollens de Pin à crochets se rencontrent également quelques pollens d'arbres plus thermophiles tels *Abies*, *Fagus*, *Betula*, *Corylus* et *Quercus*. Ils traduisent un apport pollinique régional dont l'importance phytogéographique sera évoquée plus loin.

A la fin du Dryas ancien supérieur, le climat devient moins rigoureux, et le Pin à crochets conquiert progressivement du terrain en altitude ainsi qu'en témoignent les diagrammes des gisements du ruisseau de Laurenti et de Balcère (fig. 2). Cette amélioration climatique annonce le réchauffement de l'Alleröd.

b) *L'Alleröd*, zone II. Datations obtenues par le C 14. : 9 290 B.C. Gif 792 (Balcère).

Mise en évidence pour la première fois dans les Pyrénées-Orientales lors de l'étude des sédiments du lac de Balcère (M. VAN CAMPO et G. JALUT, 1969), cette phase constitue une étape capitale de l'évolution de la végétation de cette partie de la chaîne pyrénéenne.

Dès son début se produit une extension en altitude du Pin à crochets. Dans les gisements de Balcère et du ruisseau de Laurenti, les pourcentages de cette essence sont alors voisins de leurs valeurs actuelles, ce qui traduit un net réchauffement.

L'amélioration climatique de l'Alleröd ne facilite pas seulement l'extension en altitude de la forêt de Pins à crochets, elle favorise également les espèces plus thermophiles jusqu'alors rencontrées de façon sporadique et dont les pourcentages augmentent de façon nette et synchrone. C'est le cas du Bouleau (*Betula*), du Noisetier (*Corylus*), des Chênes (*Quercus*), du Sapin (*Abies*) et du Hêtre (*Fagus*) déjà rencontrés au Dryas ancien supérieur. Bien que leurs pourcentages demeurent faibles par suite de leur rareté et de leur éloignement par rapport aux points de sondage, tous augmentent au cours de cette phase dans l'ensemble des gisements considérés. Il se produit donc, dès le début de l'Alleröd, un phénomène identique à celui décrit lors de l'étude du lac de Balcère, ce qui confirme l'existence de refuges glaciaires dans la moyenne vallée de l'Aude à la fin du Würm. Sur le plan climatique, l'extension du Pin à crochets et le faible développement du Sapin et du Hêtre traduisent non seulement une élévation de la température mais également une humidité atmosphérique plus grande.

Si le réchauffement de l'Alleröd a eu des répercussions importantes sur la végétation, on peut se demander quelles ont été ses effets sur les glaciers existant encore dans cette partie de la chaîne pyrénéenne et quelle était alors l'importance de ces glaciers.

L'observation des diagrammes de la Moulinasse et de Balcère montre pendant l'Alleröd une fréquence accrue des pollens d'Aulne et de Saule qui traduit le développement d'une végétation hygrophile favorisée par un ruissellement important dont l'origine mérite d'être discutée. Pour cela, il est nécessaire de connaître, à la fin du Tardiglaciaire, la position des glaciers du versant N. Dans le Donezan, celle-ci peut être évaluée si l'on tient compte à la fois de l'altitude à laquelle se trouve le gisement du ruisseau de Laurenti et du type de végétation que traduisent les spectres polliniques de la fin du Dryas ancien supérieur et de l'Alleröd.

Situé au pied d'un ressaut qui le sépare de l'étang de Laurenti (alt. 1 936 m), le gisement du ruisseau de Laurenti (alt. 1 860 m) présente des niveaux argileux contenant, à la transition Dryas ancien supérieur-Alleröd, une proportion de pollens de Pin à crochets égale à 50 % du total des pollens comptés. Que ces niveaux puissent contenir une proportion élevée de pollens implique en premier lieu qu'à cette époque la glace ait cessé de recouvrir le gisement. Par ailleurs, les pourcentages du Pin à crochets témoignent du développement, à proximité immédiate du gisement, d'une forêt sans doute peu dense mais correspondant néanmoins à un climat nettement moins rigoureux que celui qui régnait à la Moulinasse vers 11650 B.C. Ces faits nous amènent donc à conclure qu'au début de l'Alleröd, les glaciers du Donezan devaient être très réduits et vraisemblablement situés au fond des cirques.

Ce résultat s'accorde bien avec la cartographie des formations glaciaires des Pyrénées orientales effectuée par G. VIERS (1966, 1968, 1971), ainsi qu'avec les résultats des travaux effectués récemment par G. SOUTADÉ (1973) le long de la chaîne frontière Puigmal-Canigou. L'auteur montre que les glaciers de cette partie de la chaîne pyrénéenne n'étaient plus, à la fin du Würm, que des glaciers rocheux fondant par sublimation, et que les matériaux déposés alors n'ont été disséqués qu'à la fin du Postglaciaire.

Dans ces conditions, le ruissellement de l'Alleröd ne saurait être attribué à la fonte intense des glaciers (G. JALUT, 1973) mais plutôt à la fonte des névés formés en altitude au cours de cette phase humide.

c) *Le Dryas récent, zone III.*

Quoique limité dans ses effets sur les essences thermophiles situées à basse altitude, le refroidissement du Dryas récent est nettement perceptible dans les gisements de moyenne et de haute altitude. Il est caractérisé par un recul du Pin à crochets et par un nouveau développement de l'Armoise et des Graminées. A la Moulinasse, les pollens d'*Hippophae rhamnoides*, absents depuis le début de l'Alleröd, réapparaissent mais restent rares.

La phase de régression du Pin à crochets est de courte durée, et sa courbe redevient progressivement croissante. La température s'élève de nouveau et l'on entre dans une phase de transition : le Préboréal.

2. — *Le Postglaciaire*

Aux gisements énumérés précédemment s'ajoutent, pour l'étude du Postglaciaire du bassin de l'Aude, les gisements suivants : la tourbière du Pinet (alt. 880 m, Pays de Sault) et la tourbière du ruisseau du Fournas (alt. 1 510 m, Donezan).

a) *Le Préboréal et le Boréal, évolution de la végétation et interprétation climatique.*

— *Le Préboréal, zone IV.* Datations obtenues par le C 14 : 7300 B.C. Gif 791 (Balcère) ; 7200 B.C. Gif 1776 (la Moulinasse I) ; 7210 B.C. Gif 2442 (Pinet).

Cette phase est caractérisée dans l'ensemble des gisements du bassin de l'Aude par un très grand développement du Pin à crochets. L'examen détaillé des diagrammes permet de distinguer deux phases :

— Pendant la première moitié du Préboréal, dans la zone altitudinale comprise entre 800 et 1 400 m ainsi que dans le Capcir (Balcère, 1 764 m), la forêt de Pins à crochets constitue la formation dominante. Bien que présents, le Noisetier (*Corylus*) et à plus basse altitude les Chênes (*Quercus*) ne sont que faiblement représentés tandis que les pollens de Sapin (*Abies*) et de Hêtre (*Fagus*) sont rares, voire absents.

A la même époque dans le Donezan, vers 1 800 m d'altitude, s'observent un fort développement du Pin à crochets et une extension simultanée du Bouleau, du Noisetier et des Chênes.

— Durant la seconde moitié du Préboréal, à l'altitude de la tourbière du Pinet (880 m), le Pin à crochets reste très abondant, le Noisetier et les Chênes sont rares et le Sapin n'apparaît pas. Vers 1 400 m, à la Moulinasse, le Pin à crochets régresse tandis que le Noisetier, le Sapin et les Chênes se développent légèrement. Dans le Capcir, à Balcère (alt. 1 764 m), l'évolution de la végétation est très voisine de celle de la Moulinasse et ce n'est que vers 1 800 m dans le Donezan que s'effectue une forte extension du Noisetier et des Chênes tandis que le Pin à crochets régresse et que le Sapin et le Hêtre réapparaissent à la limite Préboréal-Boréal.

Il ressort de ces observations que la forêt de Pins à crochets constitue la formation dominante durant la première moitié du Préboréal dans l'ensemble de la zone altitudinale comprise entre 800 et 1 900 m. On constate ensuite, dans la seconde moitié du Préboréal, un rapport très net entre l'élévation en altitude et la rapidité du développement du Noisetier, des Chênes et du Sapin. Ce rapport persiste dans la phase suivante : le Boréal.

— *Le Boréal*, zones V et VI. Datations obtenues par le C 14 : 6470 B.C. Gif 2443 (Pinet), 6280 B.C. Gif 2468 (ruisseau de Laurenti).

Dès le début du Boréal, dans l'ensemble des gisements, le Pin à crochets régresse. De plus, entre 880 m (Pinet) et 1 764 m (Balcère), il se produit une extension du Noisetier et des Chênes ainsi que le développement du Sapin dont l'abondance croît avec l'altitude. Représentant 0,5 % à 1 % du total des pollens comptés à Pinet, ses pourcentages atteignent 2 à 4 % à la Moulinasse et 20 % à Balcère. Le peuplement de Sapins que l'on peut observer de nos jours près du lac de Balcère peut donc être interprété comme une relique de la sapinière développée à l'altitude du gisement pendant le Boréal.

Dans le Donezan, *Corylus*, très développé à la fin du Préboréal, commence à régresser tandis que *Quercus* et *Abies* se développent. Cependant l'extension de *Abies* est sans doute plus forte à 1 600-1 700 m qu'à 1 860 m ce qui explique que ses pourcentages soient plus faibles au gisement du ruisseau de Laurenti qu'à Balcère. Par ailleurs, dans le Donezan, quelques pollens de *Fagus* continuent d'être rencontrés.

— *Interprétation climatique des phases Préboréal et Boréal.*

Cette interprétation repose sur l'étude de la répartition de la végétation actuelle et sur la constatation, vérifiée dans les limites altitudinales considérées, de l'augmentation de la pluviométrie avec l'altitude. Les formations prises comme références sont la forêt de Pins à crochets, la sapinière et les formations à Noisetiers (*Corylaies*).

Les grandes étendues couvertes au début du Préboréal par le Pin à crochets traduisent certes un net réchauffement si l'on compare la végétation de cette époque à celle du Dryas récent ou à celle du Dryas ancien supérieur. Toutefois,

comme de nos jours dans l'étage subalpin, le climat de cette période devait être caractérisé par des hivers rigoureux, un ensoleillement important et des étés marqués par des périodes de sécheresse entrecoupées d'orages violents. D'une façon générale, le climat du début du Préboréal, quoique moins rigoureux que celui du Dryas récent, peut encore être défini comme froid et sec.

Dans la seconde moitié du Préboréal, se produit un début de régression du Pin à crochets dans l'ensemble des gisements. De plus, entre 800 et 1 400 m d'altitude, le Noisetier, les Chênes et le Sapin (à 1 400 m seulement) connaissent un développement limité tandis que, vers 1 700-1 800 m, se produit une extension plus importante du Noisetier en même temps qu'une légère poussée du Sapin.

Si l'on admet que l'extension même limitée du Noisetier traduit, à la fin du Préboréal, une nette élévation de la température, on peut se demander si ce réchauffement a correspondu à une période de sécheresse. L'étude des diagrammes permet de mettre en évidence deux faits qui apportent des éléments de réponse à cette question.

— Dans l'espace, l'observation de la figure 2 montre que lorsque l'altitude augmente, les valeurs des pourcentages de *Corylus* et de *Abies* s'accroissent et atteignent un optimum vers 1 700-1 800 m. Si l'on admet que, hors de toute action humaine, le développement du Sapin implique un accroissement de l'humidité, on peut conclure qu'à la fin du Préboréal, dans la zone altitudinale considérée, l'humidité croît avec l'altitude.

— Dans le temps, on remarque l'importance croissante du Noisetier depuis la seconde partie du Préboréal jusqu'à la fin du Boréal ainsi que l'extension progressive du Sapin à moyenne et haute altitude. Si l'on considère la répartition actuelle du Noisetier dans l'extrémité orientale des Pyrénées, on constate qu'il est abondant entre la série du Chêne pubescent et la hêtraie qu'il remplace parfois lorsque les conditions d'humidité sont insuffisantes pour le Hêtre. En plaine, le Noisetier se retrouve dans les chênaies-charmaies sur sol frais ou légèrement humide, à la périphérie de zones humides ou près d'autres forêts humides (M. BOURNERIAS, 1968). Enfin, au Boréal, l'extension du Noisetier est très importante dans les régions océaniques et notamment en Angleterre (H. GODWIN, 1956).

Dans ces conditions, l'évolution climatique de la période comprise entre la fin du Dryas récent et la fin du Boréal peut être interprétée, dans la zone altitudinale considérée, non comme le passage d'une phase froide et sèche, le Dryas récent, à une phase de plus en plus chaude et sèche, le Préboréal et le Boréal, mais comme une phase caractérisée par un accroissement progressif et simultané de la température et de l'humidité.

Cette évolution, perceptible dans l'ensemble des gisements étudiés permet en outre, si l'on tient compte de l'abondance et de la période d'apparition des principales essences arborescentes des différents secteurs géographiques du bassin de l'Aude, de mettre en évidence, dès le Préboréal, certaines des caractéristiques climatiques actuelles de ces régions.

Ainsi, malgré une altitude plus élevée, le gisement de Balcère (1 764 m) dans le Capcir ne montre pas, à la fin du Préboréal, un développement du Sapin et du Noisetier plus important que celui de la Moulinasse (1 380 m). L'extension du Noisetier à Balcère est d'autre part nettement inférieure à celle du Donezan à la même époque. Enfin, les pollens de Hêtre, quoique rares, se rencontrent de façon régulière dans le Donezan dès le Boréal alors qu'ils sont pratiquement absents partout ailleurs.

Ces faits traduisent donc l'existence dans le Donezan, dès le Préboréal et tout comme de nos jours, d'un climat plus humide que celui du Capcir.

- b) *L'Atlantique*, zone VII a. Datations fournies par le C 14 : 5400 B.C. Gif 2444 (Pinet); 4130 B.C. Gif 2467 (ruisseau de Laurenti); 3600 B.C. Gif 2440; 4250 B.C. Gif 2439; 3560 B.C. Gif 2438 (ruisseau du Fournas).

L'accroissement de l'humidité qui caractérise cette phase compense, à moyenne altitude, le déficit pluviométrique des phases précédentes et favorise, en particulier aux dépens du Noisetier, le développement du Sapin entre 800 et 1 400 m d'altitude, dans le Pays de Sault et le versant nord du Madrès. Ce phénomène implique donc également une diminution de la température.

Si, à 880 m, à la tourbière de Pinet, le Noisetier s'étend au début de l'Atlantique, il régresse partout ailleurs dès le début de cette phase. Les Chênes connaissent également une période d'extension et l'on note alors une fréquence plus grande, d'une part des pollens de *Quercus sessiiflora* Salisb., et d'autre part de *Quercus Ilex* L. Bien qu'il soit difficile de fournir une interprétation sûre de l'accroissement de la fréquence des pollens de Chêne vert, l'hypothèse de son extension à basse altitude par suite de l'influence humaine ne peut être exclue a priori. En effet, à moyenne altitude, dans le Donezan, à la tourbière du ruisseau du Fournas (1 510 m), apparaissent vers 4500-5000 B.C. les premiers défrichements accompagnés de cultures. Ils ont pour effet de favoriser, vers 1 400 m d'altitude, dans les parcelles déboisées et abandonnées, l'extension du Pin à crochets. Cette extension, commencée au Néolithique et favorisée par les défrichements des phases ultérieures, s'observe encore très nettement de nos jours.

En plus des défrichements qu'elle révèle, la tourbière du ruisseau du Fournas montre que le Hêtre est présent dans le Donezan dès l'Atlantique. Il ne s'agit plus alors de pollens rares mais de pourcentages variant entre 1 et 3 % du total des pollens comptés, rencontrés pendant une période de déboisements importants. Ce fait montre une nouvelle fois l'originalité du Donezan par rapport à l'ensemble des autres régions du bassin moyen de l'Aude dans lequel le Hêtre n'apparaît de façon continue qu'au Subboréal vers 3000 B.C.

Vers le milieu de l'Atlantique s'observe, dans le Capcir, une diminution sensible des pourcentages du Sapin accompagnée d'un développement progressif du Pin à crochets.

- c) *Le Subboréal*, zone VII b. Datations fournies par le C 14 : 1730 B.C. Gif 1069 (Balcère); 1400 B.C. Gif 1777 (la Moulinasse I); 1610 B.C. Gif 2658 (la Moulinasse II); 2580 B.C. Gif 2445; 1730 B.C. Gif 2446 (Pinet); 2850 B.C. Gif 2446 (ruisseau de Laurenti).

Le Subboréal peut être divisé en deux parties :

— Le point de départ de la courbe continue du Hêtre marque dans l'ensemble des gisements, exception faite de la tourbière du ruisseau du Fournas dans le Donezan, le début de la première partie du Subboréal. Vers 1 500 m dans le Donezan, la transition Atlantique-Subboréal est marquée par une augmentation des pourcentages des pollens de Hêtre qui passent de 2 % à 6 %.

Dans l'ensemble de la moyenne vallée de l'Aude, le passage d'une phase à l'autre est progressif et ne se manifeste, avec le développement du Hêtre, que par une diminution régulière de l'importance du Sapin entre 1 700 et 1 850 m (Balcère, fig. 2). A moyenne altitude, la concurrence du Hêtre ne se faisant pas encore sentir, le Sapin occupe une place prépondérante.

— La seconde partie du Subboréal correspond, dans l'ensemble des gisements du bassin de l'Aude vers 1600-1700 B.C., à une phase de dégradation climatique rapide dont le début est marqué par l'extension générale du Hêtre. Si l'on admet que le Hêtre a besoin d'une nébulosité importante, sa forte extension dans la seconde partie du Subboréal apparaît comme le résultat d'un refroidissement se

produisant sous un climat déjà humide et déterminant une nébulosité accrue par suite de la diminution du rapport précipitation-évaporation (A. MUNAUT, 1967).

L'extension du Hêtre à moyenne altitude s'effectue parallèlement à la régression des Chênes et du Sapin. Cette substitution s'accroît puis se stabilise au cours de la phase suivante, le Subatlantique.

- d) *Le Subatlantique*, zone VIII. Datations fournies par le C 14 : 550 B.C. Gif 1778, 50 B.C. Gif 1779, 300 A.D. Gif 1780 (la Moulinasse I); 200 A.D. Gif 2657 (la Moulinasse II).

La limite Subboréal-Subatlantique est difficile à fixer. Il y a en fait continuité entre les deux phases et seule la régression du Hêtre vers 800 B.C. peut servir de limite approximative. Au début du Subatlantique, les pourcentages des principales essences arborescentes varient peu. Ce n'est que vers le IV^e siècle de notre ère que l'on note, vers 1 400 m, la présence de Céréales, l'introduction du Noyer (Juglans) et du Châtaignier (Castanea), et la plus grande fréquence des pollens des plantes héliophiles, des rudérales et des spores de Fougère aigle. Il semble, en outre, qu'à plus basse altitude, les éclaircissements successifs de la forêt aient favorisé indirectement le développement du Charme qui apparaît dans les deux diagrammes de la Moulinasse.

A ces résultats obtenus dans le bassin de l'Aude, il est possible de comparer les étapes de l'évolution de la végétation des vallées de la Têt et du Tech.

B. EVOLUTION DE LA VÉGÉTATION DES VALLÉES DE LA TÊT ET DU TECH, COMPARAISON AVEC LE BASSIN DE L'AUDE

L'évolution de la végétation des vallées de la Têt et du Tech a été principalement étudiée à partir du gisement des Estables I (alt. 1 750 m, haut Vallespir) et du gisement de la Borde (alt. 1 660 m, haute vallée de la Têt) [G. JALUT, 1971]. Malgré l'altitude de ces gisements, l'évolution de la végétation qu'on y observe s'apparente pour le Postglaciaire au schéma évolutif des zones du bassin de l'Aude d'altitude inférieure à 1 400 m.

- *Le Boréal*, zones V et VI. Datations obtenues par le C 14 : 6310 B.C. Gif 1200 (Les Estables I); 6350 B.C. Gif 870 (La Borde).

Cette phase est caractérisée dans les deux vallées, et surtout dans la haute vallée de la Têt, par un important développement du Pin à crochets. Le Noisetier et les Chênes sont également bien représentés, et plus abondants dans le haut Vallespir que dans la haute vallée de la Têt (*fig. 2*). Les pollens de Sapin sont également présents dans les deux gisements mais dans des proportions très faibles. Le Hêtre n'est représenté que par des pollens isolés.

- *L'Atlantique*, zone VII a. Datations fournies par le C 14 : 5500 B.C. Gif 869; 3450 B.C. Gif 868 (La Borde); 3170 B.C. Gif 1199 (Les Estables I).

L'Atlantique est marquée, dans les vallées de la Têt et du Tech comme dans les zones altitudinales du bassin de l'Aude comprises entre 800 et 1 400 m, par le développement du Sapin et le recul simultané du Noisetier. Dans la haute vallée du Tech, cette extension s'effectue de façon plus rapide que dans la haute vallée de la Têt, et l'importance prise par le Sapin dans chacune des deux régions traduit bien les différences pluviométriques que l'on peut constater de nos jours entre le haut Vallespir, très arrosé, et la haute vallée de la Têt, nettement plus sèche. Ces différences apparaissent d'ailleurs dès le Boréal avec un développement plus important du Noisetier et des Chênes dans le haut Vallespir.

Si le peuplement de Sapins proche du lac de Balcère, développé entre 1 760 et 1 800 m et isolé de la sapinière de la vallée de l'Aude, apparaît comme une relique de la période Boréal, le Sapin développé entre 1 680 et 1 950 m dans la partie la plus resserrée de la haute vallée du Têt au NE du gisement de la Borde peut, à la lumière de ces résultats, être considéré comme une relique de la période Atlantique. Sa présence de nos jours jusqu'à 1 950 m environ apporte une précision intéressante sur sa limite altitudinale supérieure à l'Atlantique.

— *Le Subboréal, zone VII b (dans le Haut Vallespir).*

L'extension du Hêtre marque le début de cette phase. Il se produit également dans le haut Vallespir une période d'érosion qui ne dure pas, et il faut attendre le dernier tiers du Subboréal pour enregistrer une nouvelle dégradation climatique marquée par un refroidissement et une reprise de l'érosion (G. SOUTADE, 1970 ; G. JALUT, 1971).

— *Le Subatlantique, zone VIII. Datations fournies par le C 14 : 600 A.D. Gif 1197, 1350 A.D. Gilf 1198 (Les Etables I) (dans le Haut Vallespir).*

Au début du Subatlantique, le Pin à crochets prend de l'importance, puis rapidement l'ensemble des essences arborescentes régressent par suite des déforestations répétées.

En prenant pour base d'interprétation climatique le Sapin et le Hêtre, nous avons proposé, pour les vallées de la Têt et du Tech, une évolution climatique postglaciaire en trois phases (G. JALUT, 1971) :

- « La première, de caractère xérique, chaude et sèche à basse altitude, froide et sèche aux altitudes élevées correspond au Préboréal et au Boréal.
- « La seconde phase, au climat plus humide, évolue de façon très progressive vers un climat froid et sec. Elle comprend l'Atlantique et les deux premiers tiers du Subboréal.
- « La troisième phase débute dans le troisième tiers du Subboréal. C'est une phase de refroidissement et de reprise de l'érosion. »

Bien que l'existence de ces trois phases reste parfaitement justifiée, il est nécessaire de tenir compte des résultats obtenus dans le bassin de l'Aude. C'est ainsi que le développement du Noisetier et des Chênes (notamment le type *Quercus sessiliflora* Salisb.) dans les vallées de la Têt et du Tech et la présence constante d'une très faible quantité de pollens de Sapin aux Etables I, témoignent de l'existence au Boréal, vers 1 600-1 800 m, de conditions d'humidité qui nous amènent à revoir la définition de la période comprise entre la fin du Préboréal et la fin du Boréal proposée en 1971.

A la lumière des résultats obtenus dans le bassin de l'Aude, cette période correspond, vers 1 600-1 800 m dans les vallées de la Têt et du Tech, à une phase de réchauffement caractérisée par des conditions d'humidité intermédiaires entre celles de la chênaie pubescente et celles de la hêtraie.

Par ailleurs, si, au cours de la seconde phase paléoclimatique, l'évolution du climat à haute altitude s'effectue vers un type froid et sec, à l'altitude du gisement des Etables I (1 750 m), les courbes continues de l'Aulne et du Hêtre traduisent une extension de la végétation du bord des eaux et une nébulosité plus grande. A moyenne altitude, la phase comprenant l'Atlantique et les deux premiers tiers du Subboréal correspond donc, comme dans le bassin de l'Aude, à une période de refroidissement progressif et de nébulosité croissante.

IV. — EVOLUTION DE LA HÊTRAIE SAPINIÈRE DANS L'EXTREMITÉ ORIENTALE DES PYRÉNÉES

Les analyses polliniques effectuées dans le bassin de l'Aude prouvent que, malgré le climat froid et sec du Dryas ancien supérieur et du Dryas récent, l'ensemble des essences arborescentes actuelles de l'extrémité orientale des Pyrénées a pu subsister dans des refuges. On peut affirmer que ceux-ci étaient parfois proches des gisements étudiés (cf. la Moulinasse), car, dans le cas contraire, nous n'aurions pu observer à l'Alleröd une extension simultanée de l'ensemble des arbres, mais plutôt une apparition chronologique. Le Hêtre et le Sapin ont subsisté dans ces refuges.

C'est à l'Alleröd que se produit la première phase de colonisation du Sapin et du Hêtre. Leurs faibles pourcentages jusqu'aux phases Boréal et Atlantique prouvent qu'il n'y a eu, de l'Alleröd au Boréal, ni développement de forêts de Hêtres et de Sapins, ni déplacement de ces forêts vers des altitudes élevées, mais seulement une implantation progressive d'individus ou de groupes d'individus dans les milieux les plus favorables. Ce type de développement s'est effectué vers les zones comprises entre 1 600 et 1 800 m d'altitude, parallèlement à l'accroissement de la température et de l'humidité (*fig. 2*). Lorsqu'au Boréal, dans le bassin de l'Aude, les conditions climatiques lui sont devenues favorables, le Sapin s'est développé entre 1 600 et 1 800 m. A plus basse altitude, et dans les vallées de la Têt et du Tech, il est resté cantonné dans les sites les plus humides et les plus froids jusqu'au début de l'Atlantique, tandis que le Noisetier et la chênaie caducifoliée occupaient de vastes surfaces.

Dès le début de l'Atlantique, le Hêtre, favorisé par une nébulosité importante s'étend dans le Donezan, tandis que partout ailleurs il reste très rare. A la même époque, à moyenne altitude dans le reste du bassin de l'Aude, le Sapin remplace le Noisetier et occupe progressivement son aire de répartition actuelle. Il s'étend vers 1 700 m dans les vallées de la Têt et du Tech. Dans le bassin de l'Aude, entre 1 600 et 1 800 m, la température s'abaissant et les hivers devenant plus rigoureux, le Pin à crochets concurrence le Sapin et conquiert de plus en plus de terrain. Ce phénomène, d'abord naturel, se trouve parfois accentué localement par suite d'une action anthropique importante.

Exception faite du Donezan, ce n'est qu'à partir du début du Subboréal que se développe le Hêtre dans l'ensemble des régions étudiées jusqu'à présent. Son extension d'abord limitée peut s'expliquer de deux façons qui ne s'excluent pas : soit par suite d'une nébulosité insuffisante qui ne lui permet pas de s'étendre, soit parce que son développement est entravé par la présence du Sapin solidement implanté. Dans le bassin de l'Aude, à partir de 1700 B.C. environ, le Hêtre s'étend rapidement et concurrence le Sapin.

Au cours du Subatlantique, l'action de l'homme sur la forêt ne permet plus de suivre l'évolution naturelle de la végétation. Dans le haut Vallespir, la hêtraie-sapinière régresse dans des proportions considérables et le Sapin disparaît presque complètement.

Si l'on tient compte des résultats de l'analyse pollinique qui montrent la présence du Sapin et du Hêtre dans les mêmes refuges au cours du Tardiglaciaire, et leur développement proportionnellement différent mais simultané dans la région à forte nébulosité du Donezan, on est amené à conclure que la prépondérance du Sapin jusqu'au Subboréal, dans le reste de l'extrémité orientale des Pyrénées, n'est pas due à un facteur historique (son arrivée avant le Hêtre), mais à un facteur climatique.

V. — CONCLUSIONS

L'ensemble des données palynologiques obtenues dans le bassin de l'Aude prouve que, durant les épisodes froids et secs du Tardiglaciaire, une forêt de Pins à crochets s'est étendue vers 850 m d'altitude, sa limite supérieure au Dryas ancien supérieur étant située nettement en dessous de 1400 m. Malgré ces conditions climatiques rigoureuses, grâce à l'existence de refuges favorablement exposés, protégés des vents violents froids et secs, les essences arborescentes ont pu subsister, à proximité immédiate de la forêt de Pins à crochets, et commencer à s'étendre dès l'Alleröd. Cette conclusion se trouve renforcée par l'existence de nos jours, dans la moyenne vallée de l'Aude, de milieux dans lesquels, sur des sols différents mais dans des espaces extrêmement réduits, se rencontrent le Chêne vert, le Chêne pubescent, le Hêtre et le Sapin. Tout confirme donc, à la fin du Würm, dans l'extrémité orientale des Pyrénées et en particulier dans le bassin de l'Aude, l'hypothèse du télescopage des zones de végétation formulée par M. VAN CAMPO (1969).

Ces résultats montrent également que, dès la fin du Dryas ancien supérieur, dans le haut bassin de l'Aude, et plus particulièrement dans le Donezan, les glaciers étaient très réduits et localisés au fond des cirques.

Il ressort de l'étude de la hêtraie-sapinière que le Sapin, d'abord développé vers 1700 m dès la fin du Préboréal et au Boréal dans le bassin de l'Aude, s'installe à l'Atlantique entre 800 et 1400 m dans cette même région, et vers 1600-1700 m dans les vallées de la Têt et du Tech. Le développement du Sapin, depuis les hautes altitudes vers les zones d'altitude moyenne du bassin de l'Aude, ainsi que l'élimination partielle et concomitante du Noisetier constituent les indices d'une dégradation climatique qui va s'accroître au cours des phases ultérieures. Le Hêtre, développé dès l'Atlantique dans le Donezan, ne s'étend partout ailleurs qu'au début du Subboréal et surtout vers 1700 B.C. dans le bassin de l'Aude. A partir de l'Atlantique et jusqu'au Subatlantique, la limite supérieure de la sapinière s'abaisse progressivement.

Par ailleurs, les observations faites dans le Donezan, à la tourbière du ruisseau de Fournas, prouvent l'origine anthropique ancienne du développement du Pin à crochets à moyenne altitude dans cette partie du domaine géographique étudié.

En prenant pour bases les exigences écologiques des principales essences arborescentes citées précédemment (fig. 2), l'évolution climatique postglaciaire de l'extrémité orientale des Pyrénées correspond au passage d'une phase encore froide et sèche, le début du Préboréal, à une phase caractérisée par un accroissement simultané de la température et de l'humidité correspondant à la seconde moitié du Préboréal et au Boréal. Ensuite, à partir de l'Atlantique, débute une phase plus humide marquée par une diminution de la température. L'abaissement lent de la température et une nébulosité croissante caractérisent l'Atlantique et les deux premiers tiers du Subboréal. Vers 1700 B.C. s'amorce enfin une phase de refroidissement et d'augmentation de la nébulosité très marquée qui se poursuit au Subatlantique.

L'ensemble de ces résultats permet d'affirmer que dans l'extrémité orientale des Pyrénées, les principales caractéristiques climatiques actuelles des différents domaines étudiés apparaissent nettement dès la fin du Préboréal.

••

Nous tenons à remercier particulièrement les personnes qui nous ont permis de réaliser ce travail : M^{me} G. DELIBRIAS, responsable du laboratoire C₁₄ du Centre des faibles radioactivités du C.N.R.S., qui a bien voulu effectuer les datations de nos échantillons ; M^{me} M. VAN CAMPO, directeur de recherches au C.N.R.S., qui a dirigé ce travail ; M. le P^r H. GAUSSEN, pour les précieux conseils et les encouragements qu'il nous a toujours

prodigués ; M. le P^r J.-L. TROCHAIN, directeur du Laboratoire de botanique et biogéographie, U.P.S., Toulouse et M. P. LEGRIS, directeur de recherches au C.N.R.S., pour l'aide matérielle et technique considérable qu'ils ont bien voulu m'accorder ; mon ami A. SEVERAC, technicien au Laboratoire de botanique et biogéographie, U.P.S., Toulouse pour sa précieuse collaboration lors de nos séjours sur le terrain.

BIBLIOGRAPHIE

- BASSOULS (M.). — 1964. « La pluviosité de la zone de montagne du département des Pyrénées-Orientales », *Bull. Fed. fr. d'Econ. Mont.*, nouvelle série, n° 14, 1963-1964, p. 315-125, 2 tabl.
- BAUDIÈRE (A.). — 1970. « Recherches phytogéographiques sur la bordure méridionale du Massif central français (les monts de l'Espinouze), thèse, 3 tomes, Perpignan.
- BEAULIEU (J.-L. de) et GILOT (E.). — 1971. « Données nouvelles concernant l'histoire forestière des Alpes-Maritimes, d'après l'analyse pollinique », *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 273 (20 déc. 1971), série D, p. 2489-2492.
- BEAULIEU (J.-L. de) et EVIN (J.). — 1972. « Analyse pollinique et datages C¹⁴ dans les monts de Lacaune (Tarn), *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 274 (26 juin 1972), série D, p. 3531-3534.
- BIROT (P.). — 1937. « Recherches sur la morphologie des Pyrénées orientales franco-espagnoles », thèse, Paris, 318 p.
- BOURNERIAS (M.). — 1968. « Guide des groupements végétaux de la région parisienne », *S.E.D.E.S.*, Paris, 290 p.
- BRAUN-BLANQUET (J.). — 1948. « La végétation alpine des Pyrénées orientales », *Estacion des Estudios Pirenaicos*, Barcelona, 1948, 306 p.
- CASANOBE (G.). — 1966. « La Tramontane », *Annales climatologiques des Pyrénées-Orientales*, 1966, p. 20-25, 2 fig.
- CASANOBE (G.). — 1968. « Vents del Rossello » (Vents locaux en Roussillon), *Annales climatologiques des Pyrénées-Orientales*, 1968, p. 15-29, 1 tabl. 13 fig.
- DANSEREAU (P.). — 1956. « Le coïncement, un processus écologique », *Acta Biotheoretica*, Leiden, 1956, vol. XI, Pars. III/IV, p. 157-158, 6 fig.
- DUBOIS (G. et C.). — 1946. « L'analyse pollinique de la tourbière de Pinet à Roquefeuil (Aude) », *C.R. Acad. Sc.*, t. 222, p. 455-456, 1 fig., séance du 18 fév. 1946.
- DUPIAS (G.). — 1967. « La série du Chêne pubescent en France », un vol. ronéotypé, Toulouse, 33 p.
- FLORENCE (J.). — 1962. « Exemple d'étude dendrologique en relation avec la climatologie du Capcir et de la Cerdagne », thèse de 3^e cycle de biogéographie, Toulouse, 149 p.
- GAUSSEN (H.). — 1923. « Le Pin à crochets dans les Pyrénées », premier article, *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, t. LI, 1923, p. 581-600.
- GAUSSEN (H.). — 1925. « Le Pin à crochets dans les Pyrénées », deuxième article, *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, t. LIII, 1925, p. 150-169.
- GAUSSEN (H.). — 1926. « Végétation de la moitié orientale des Pyrénées », thèse, Paris, 1926, 559 p.
- GAUSSEN (H.). — 1929. « Les analyse polliniques de tourbières et la tourbière de Pinet », *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, t. LVIII, 1929, p. 656-660, 1 fig.
- GAUSSEN (H.). — 1948. Carte de la végétation de la France : Perpignan, 1^{re} éd., C.N.R.S.
- GAUSSEN (H.). — 1972. Carte de la végétation de la France : Perpignan, 2^e éd., C.N.R.S.
- GENSAC (P.). — 1967. « Feuille de Bourg-Saint-Maurice et de Moutiers. Les groupements végétaux au contact des pessières de Tarenvaïse », *Doc. Carte. Vég. Alpes*, Grenoble, vol. 5, p. 7-62.
- GODWIN (H.). — 1956. « The history of the British flora », Cambridge University Press, 384 p.
- HEIM (J.). — 1970. « Les relations entre les spectres polliniques récents et la végétation actuelle en Europe Occidentale », Louvain, 181 p., 36 fig., 43 tabl. h.t.
- JALUT (G.). — 1970. « Données nouvelles concernant l'évolution de la végétation dans le bassin de l'Aude, au cours de Tardiglaciaire et du Postglaciaire d'après l'analyse pollinique », *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 270 (22 juin 1970), série D, p. 3037-3039.
- JALUT (G.). — 1970. « Caractères généraux de l'évolution de la végétation et du climat pendant le Postglaciaire dans les vallées de la Têt et du Tech », *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 271 (21 décembre 1970), série D, p. 2277-2279.
- JALUT (G.). — 1971. « Analyse pollinique de sédiments des Pyrénées-Orientales. Tourbière de la Borde : Haute vallée de la Têt, alt. 1 660 m, gisement des Estables I : haut Vallespir, alt. 1 750 m », *Bull. Ass. Fr. Et. quat.*, n° 27, 1971, 2, p. 91-110, 3 fig., 2 diag. h.t.

- JALUT (G.). — 1971. « Analyse pollinique d'une mouillère du Pla de Salinas (2 200 m), massif du Puigmal, Pyrénées-Orientales », Colloque interdisciplinaire sur les milieux naturels supra-forestiers des montagnes du Bassin occidental de la Méditerranée, 5-6 fév. 1971, 11 p., 1 fig., 1 diag.
- JALUT (G.). — 1972. « Evolution post-würmienne de la végétation des Pyrénées-Orientales, *Pirineos*, 105, p. 85-92, 2 fig.
- JALUT (G.). — 1973. « Evolution du climat et de la végétation de l'extrémité orientale des Pyrénées au Tardiglaciaire et au Postglaciaire, d'après l'analyse pollinique », *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 276 (9 mai 1973), série D, p. 2653-2656.
- JEANBERNAT (E.) et TIMBAL-LAGRAVE (E.). — 1879. « Le Massif du Laurenti », Paris, 1879, 434 p., 1 carte, 2 pl.
- KELLER (P.). — 1929. « Analyse pollinique de la tourbière de Pinet », *Archives de Botanique*, t. 3, Bull. mens., n° 4, p. 57-63, 1 pl., Caen.
- MUNAUT (A.-V.). — 1967. « Recherches paléo-écologiques en basse et moyenne Belgique », *Acta Geographica Lovaniensia*, vol. 6, 191 p., 71 diag., 22 tabl., 18 fig., Institut de Géographie, Université catholique, Dekemstraat 2, Louvain.
- NEGRE (R.). — 1972. « La végétation du bassin de l'Onc (Pyrénées centrales) quatrième note : les forêts », 125 p., Veröffentlichungen Des Geobotanischen Institutes Der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich. 49, Heft.
- PÉDELABORDE (P.). — 1959. *Circulation atmosphérique sur les Pyrénées françaises*, (Texte et atlas), C.D.U., Paris, 57 p.
- RENAULT-MISKOVSKY (J.). — 1972. « Contribution à la paléoclimatologie du midi méditerranéen pendant la dernière glaciation et le postglaciaire, d'après l'étude palynologique du remplissage des grottes et abris sous roche », thèse, Paris, 495 p., offset.
- REY (P.). — 1957. « Le déterminisme écologique de la répartition des plantes méditerranéenne en Aquitaine », Travaux du Laboratoire forestier de Toulouse, t. I, vol. V, art. XXXI, extrait du *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, t. 92, 1957, p. 131-156, 7 fig., 2 tabl.
- SERVE (L.). — 1972. « Recherches comparatives sur quelques groupements végétaux orophiles et leurs relations avec la dynamique périglaciaire dans les Pyrénées-Orientales et la Sierra Nevada », thèse doctorat 3^e cycle, sciences biologiques, mention Ecologie, Université des sciences et techniques du Languedoc, C.U. Perpignan, 334 p.
- SOUTADE (G.). — 1970. « Les banquettes gazonnées des sources du Tech (P.-O.) », *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, t. 106, fasc. 1-2, p. 170-178, 3 fig.
- SOUTADE (G.). — 1971. « Modelés supra-forestiers et variations climatiques récentes sur le contrefort occidental du massif du Puigmal », (Pyrénées méditerranéennes, France, colloque interdisciplinaire sur les milieux naturels supra-forestiers des montagnes du bassin occidental de la Méditerranée), 24 p., 3 pl. phot., Perpignan.
- SOUTADE (G.). — 1973. « La haute montagne méditerranéenne à l'est de l'Andorre : modelés fondamentaux et épisodes morphogénétiques du Würm à l'actuel », *Bull. Ass. fr. Et. Quat.*, n° 4, 1973, sous presse.
- SUSPLUGAS (J.). — 1942. « Le sol et la végétation dans le haut Vallespir », *Stat. int. Geobot. Med. et Alp.*, Montpellier, Comm. n° 79, 225 p.
- VAN CAMPO (M.). — 1969. « Végétation würmienne en France, données bibliographiques, hypothèse », *Etudes françaises sur le quaternaire, VIII^e Congr. I.N.Q.U.A.*, Paris, 1969, 8 p.
- VAN CAMPO (M.) et JALUT (G.). — 1969. « Analyse pollinique de sédiments des Pyrénées-Orientales : lac de Balcère (1 764 m) », *Pollen et Spores*, vol. XI, n° 1, avril 1969, p. 116-126, 2 fig., 1 diag. h.t.
- VERNET (J.-L.). — 1972. « Contribution à l'histoire de la végétation du sud-est de la France au quaternaire. Etude de macroflores de charbons de bois principalement », thèse Montpellier, 104 p., 1 carte, 6 pl. phot.
- VIERS (G.). — 1961. « Le glaciaire du massif du Carlit (Pyrénées-Orientales) et ses enseignements », (4 fig., 2 pl. phot. h.t.), *R.G.P.S.O.*, t. XXXII, p. 5-33, mars 1961.
- VIERS (G.). — 1966. « La glaciation quaternaire dans le massif du Canigou (Pyrénées-Orientales, France) », *Pirineos*, 81-82, p. 87-94, Jaca, España, *Actas V^e Cong. Inter. Est. Pir.*, Jaca Pamplona, 1966, 1 carte, 2 pl. phot.
- VIERS (G.). — 1968. « La carte du relief glaciaire des Pyrénées, feuille de Mont-Louis au 50 000^e, Pyrénées-Orientales », *R.G.P.S.O.*, t. 39, fasc. 4, p. 429-434, 2 pl. h.t.
- VIERS (G.). — 1971. « Modelé glaciaire de type méditerranéen dans le massif granitique de la Carança (Pyrénées-Orientales) », *Revue Photo interprétation*, n° 3 1971, fasc. 4, p. 26-32.
- VIGNEAU (J.-P.). — 1971. « Précipitations d'automne et perturbations méditerranéennes dans les Pyrénées-Orientales », *R.G.P.S.O.*, t. 42, fasc. 3, 1971, p. 265-292.

Fig. 2 EVOLUTION TARDIGLACIAIRE ET POSTGLACIAIRE DES PRINCIPALES ESPECES ARBORESCENTES DE L'EXTREMITÉ ORIENTALE DES PYRENEES

